FILTER AKTIF

Low Pass Filter
(LPF)

High Pass Filter
(HPF)

Band Pass Filter
(BPF)

Band Stop Filter
(BSF)

Band Pass Filter
(BPF)

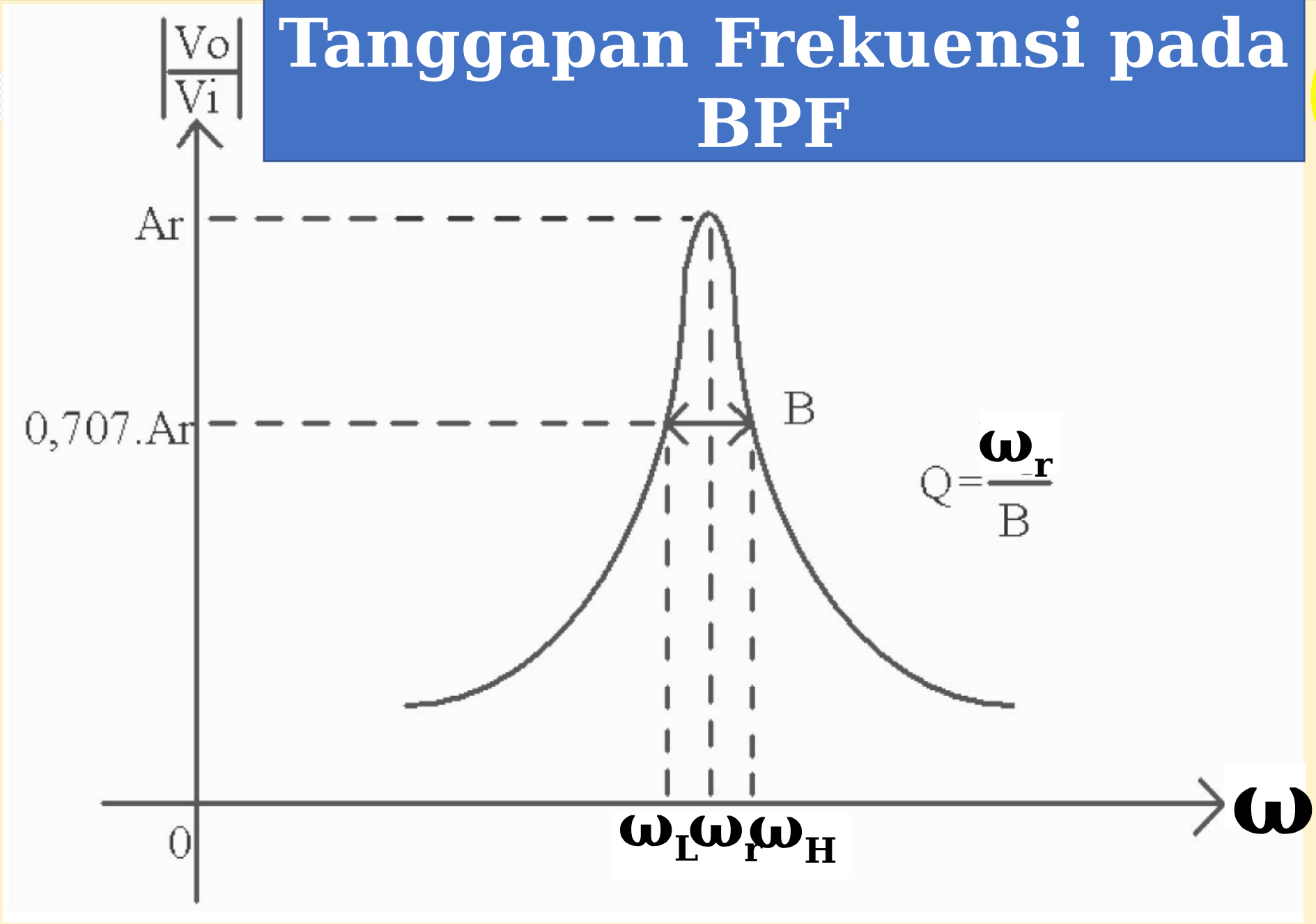
BPF (*Band Pass Filter*) adalah filter yang melewatkan sinyal dengan lebar bidang frekuensi (*bandwidth*) tertentu yang dibatasi oleh frekuensi *cut-off* rendah (*low*) () dan frekuensi *cut-off* tinggi (*high*) () dan membuang (melemahkan) sinyal dengan frekuensi di bawah frekuensi *cut-off* rendah () dan frekuensi di atas frekuensi *cutoff* tinggi ().

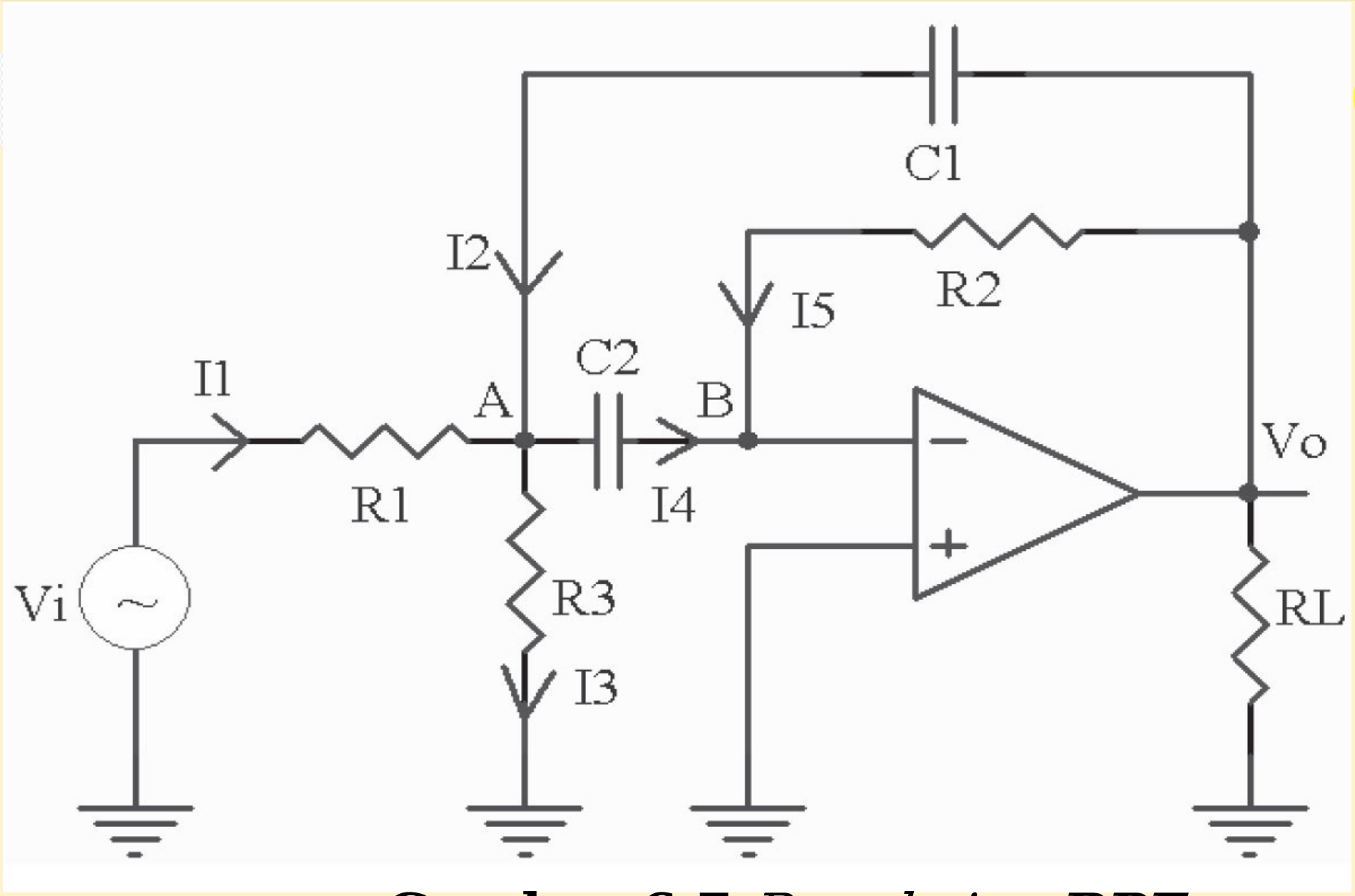
BPF digolongkan menjadi filter pita Sempit (***narrow band filter***) dan filter pita lebar (***wide band filter***). Filter pita sempit adalah filter yang mempunyai lebar bidang frekuensi (***bandwidth* = B**) lebih kecil dari sepersepuluh frekuensi resonansinya (**B** < 0,1). Sedangkan filter pita lebar mempunyai lebar bidang frekuensi lebih besar dari sepersepuluh frekuensi resonansinya (**B** >0,1).

Perbandingan frekuensi resonansi () dengan lebar bidang frekuensi (**B)** dinamakan faktor kualitas (**Q**) atau ***Q*** = . Filter pita sempit mempunyai **Q** lebih dari 10 dan filter pita lebar mempunyai **Q** kurang dari 10.

Band Pass Filter **(BPF)** mempunyai respons frekuensi seperti gambar di bawah, di mana terdapat satu penguatan maksimum yaitu pada saat frekuensinya mengalami resonansi dinamakan penguatan pada frekuensi resonansi (***Ar***). Apabila penguatannya turun menjadi .***Ar*** atau 0,707.***Ar*** maka ada dua buah frekuensi *cut-off* yaitu frekuensi *cut-off* rendah (*low*) () dan frekuensi *cut-off* tinggi (*high*) (). Selisih dari frekuensi *cut-off* dinamakan **B** atau (**B** =).

Tanggapan Frekuensi pada BPF





Gambar 6.7 *Rangkaian* ***BPF***

Analisis rangkaiannya sebagai berikut:

$$I1 = \frac{Vi - VA}{R1}$$

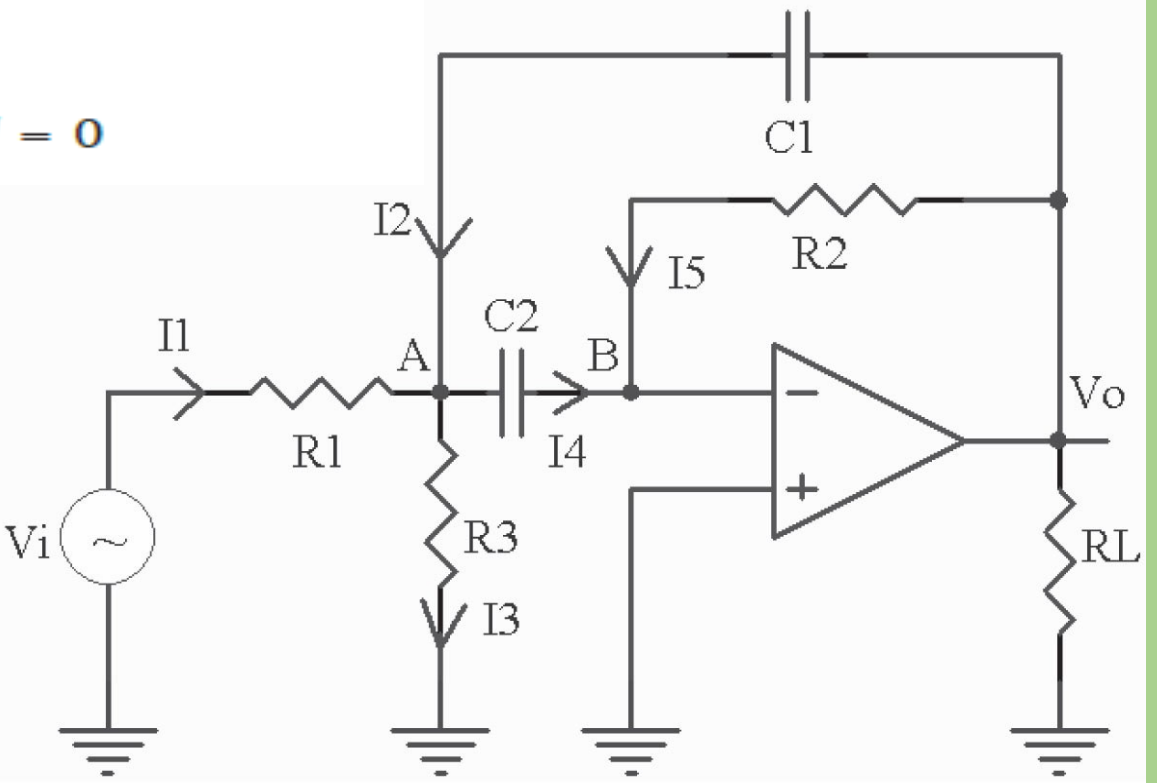
$$I2 = (Vo - VA)\,j\omega.C1$$

$$I3 = \frac{VA}{R3}$$

$$I4 = (VA - VB)\,j\omega C2$$

$$I5 = \frac{Vo - VB}{R2}$$

$$VB = Virtual.ground = 0$$



Hukum Kirchoff I pada titik B,

$$I4 + I5 = 0$$

$$j\omega.C2.VA + \frac{Vo}{R2} = 0$$

$$j\omega.C2.VA = -\frac{Vo}{R2}$$

$$VA = j\frac{Vo}{\omega.C2.R2}$$

Hukum Kirchoff I pada titik A,

$$I1 + I2 = I3 + I4$$

$$\frac{Vi - VA}{R1} + j\omega.C1(Vo - VA) = \frac{VA}{R3} + j\omega.C2.VA$$

$$\frac{Vi}{R1} - \frac{VA}{R1} + j\omega.C1.Vo - j\omega.C1.VA = \frac{VA}{R3} + j\omega.C2.VA$$

$$\frac{Vi}{R1} + j\omega.C1.Vo = VA\left(\frac{1}{R1} + \frac{1}{R3} + j\omega.C1 + j\omega.C2\right)$$

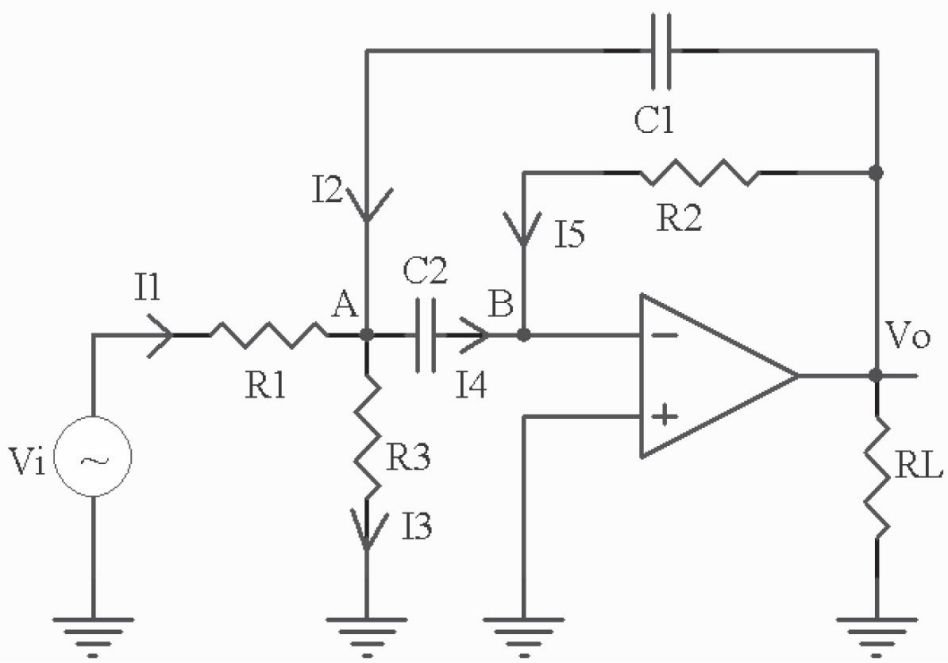
$$\frac{Vi}{R1} + j\omega.C1.Vo = j\frac{Vo}{\omega.C2.R2}\left(\frac{1}{R1} + \frac{1}{R3} + j\omega.C1 + j\omega.C2\right)$$

$$\frac{Vi}{R1} + j\omega.C1.Vo = Vo\left(\frac{j}{\omega.C2.R2.R1} + \frac{j}{\omega.C2.R2.R3} - \frac{C1}{C2.R2} - \frac{1}{R2}\right)$$

$$\frac{Vi}{R1} = Vo\left(\frac{j}{\omega.C2.R2.R1} + \frac{j}{\omega.C2.R2.R3} - \frac{C1}{C2.R2} - \frac{1}{R2} - j\omega.C1\right)$$

$$\frac{Vo}{V1} = \frac{-\frac{1}{R1}}{\left(\frac{1}{R2} - \frac{C1}{C2.R2}\right) + j\left(-\frac{1}{R1.R2.\omega.C2} - \frac{1}{R2.R3.\omega.C2} + \omega.C1\right)}$$

$$A_{CL} = \frac{Vo}{V1} = -\frac{1}{\left(\frac{R1}{R2} + \frac{R1.C1}{C2.R2}\right) + j\left(-\frac{1}{R2.\omega.C2} - \frac{1}{R2.R3.\omega.C2} + \omega.C1.R1\right)}$$



Frekuensi resonansi apabila bagian imajiner sama dengan nol.

$$\omega_r.C1.R1 - \frac{1}{\omega_r.C2.R2} - \frac{R1}{\omega_r.C2.R2.R3} = 0$$

$$\omega_r.C1.R1 = \frac{1}{\omega_r.C2.R2} + \frac{R1}{\omega_r.C2.R2.R3}$$

$$\omega_r.C1.R1 = \frac{R3}{\omega_r.C2.R2.R3} + \frac{R1}{\omega_r.C2.R2.R3}$$

A_r = Penguatan pada saat frekuensi sama dengan ω_r.

$$A_r = \frac{1}{\left(\frac{R1}{R2} + \frac{R1.C1}{R2.C2}\right) + j0} \text{ atau } A_r = \frac{1}{\left(\frac{R1}{R2} + \frac{R1.C1}{R2.C2}\right)}$$

Apabila C1 = C2 = C maka

$$\omega_r = \frac{1}{C}\sqrt{\frac{R1 + R3}{R1.R2.R3}}$$

$$A_r = \frac{1}{\left(\frac{R1}{R2} + \frac{R1}{R2}\right)} = \frac{1}{\frac{2.R1}{R2}} = \frac{R2}{2.R1}$$

$$\omega_r . C1 . R1 = \frac{R3 + R1}{\omega_r . C2 . R2 . R3}$$

$$\omega_r^{\,2} = \frac{R3 + R1}{C1 . C2 . R1 R2 . R3}$$

$$\omega_r = \sqrt{\frac{R3 + R1}{C1 . C2 . R1 R2 . R3}}$$

Apabila penguatannya $|A|$ turun menjadi $0{,}707.A_r$ atau $\frac{1}{\sqrt{2}}.A_r$ maka ada dua buah frekuensi yaitu frekuensi *cut-off* bawah (ω_{cL}) dan frekuensi *cut-off* atas (ω_{cH}).

Apabila C1 = C2 = C maka penguatannya adalah

$$A_{CL} = \frac{Vo}{V1} = -\frac{1}{\left(\frac{2.R1}{R2}\right) + j\left(-\frac{1}{R2.\omega.C} - \frac{R1}{R2.R3.\omega.C} + \omega.C.R1\right)}$$

Frekuensi yang memenuhi adalah

$$\omega_3 = \omega_L = \frac{-1+\sqrt{\left(\frac{R1.R3+R1.R2+R2.R3}{R1.R3}\right)}}{R2.C}$$

dan

$$\omega_1 = \omega_H = \frac{1+\sqrt{\left(\frac{R1.R3+R1.R2+R2.R3}{R1.R3}\right)}}{R2.C}$$

Lebar bidang frekuensi (bandwidth) adalah $B = \omega_H - \omega_L$.

$$B = \frac{1+\sqrt{\left(\frac{R1.R3+R1.R2+R2.R3}{R1.R3}\right)}}{R2.C} - \frac{-1+\sqrt{\left(\frac{R1.R3+R1.R2+R2.R3}{R1.R3}\right)}}{R2.C}$$

$$B = \frac{2}{R2.C}$$

Faktor kualitas (Q) dari rangkaian adalah $Q = \frac{\omega_r}{B}$

$$Q = \frac{\frac{1}{C}\sqrt{\frac{R1+R3}{R1.R2.R3}}}{\frac{2}{R2.C}} = \frac{R2}{2}\sqrt{\frac{R1+R3}{R1.R2.R3}}$$

Contoh 6.15

Hitunglah frekuensi resonansi (ω_H), penguatan pada frekuensi resonansi (*Ar*), frekuensi cut-off rendah (ω_{CH}), frekuensi cut-off atas (ω_{CH}), lebar bidang frekuensi (B), faktor kualitas (Q) pada Gambar 5.7 apabila nilai C1 = C2 = C = 100 nF, R1 = 20 K, R2 = 100 K, R3 = 1 K !

Apabila $Vi = 100\sin(\omega.t+60^o)mV$, hitunglah Vo pada frekuensi 250rad/s, 500rad/s, 1500rad/s, 2000rad/s!

Penyelesaian:

Karena C1 = C2 = C maka

$$\omega_r = \frac{1}{C\sqrt{\frac{R1+R3}{R1.R2.R3}}} = \frac{1}{10^{-7}}\sqrt{\frac{(20+1).10^3}{(20).(100).(1).10^9}} = \frac{1}{10^{-7}}.\frac{1}{10^4}\sqrt{\frac{21}{20}} = 1025\text{rad/s}$$

$$A_r = \frac{1}{\left(\frac{R1}{R2}+\frac{R1}{R2}\right)} = \frac{1}{\frac{2.R1}{R2}} = \frac{R2}{2.R1} = \frac{100K}{2.20K} = 2{,}5$$

$$\omega_{cL} = \frac{-1+\sqrt{\left(\frac{R1.R3+R1.R2+R2.R3}{R1.R3}\right)}}{R2.C} = \frac{-1+\sqrt{\left(\frac{20.1+20.100+100.1}{20.1}\right)}}{10^5.10^{-7}} =$$

$$\omega_{cL} = \frac{-1+\sqrt{\left(\frac{2120}{20}\right)}}{10^{-2}} = \frac{-1+\sqrt{106}}{10^{-2}} = \frac{-1+10,3}{10^{-2}} = 930\text{rad/s}$$

$$\omega_{cH} = \frac{1+\sqrt{\left(\frac{R1.R3+R1.R2+R2.R3}{R1.R3}\right)}}{R2.C} = \frac{1+\sqrt{\left(\frac{20.1+20.100+100.1}{20.1}\right)}}{10^5.10^{-7}} =$$

$$\omega_{cH} = \frac{1+\sqrt{\left(\frac{2120}{20}\right)}}{10^{-2}} = \frac{1+\sqrt{106}}{10^{-2}} = \frac{1+10,3}{10^{-2}} = 1130\text{rad/s}$$

Lebar bidang frekuensi (bandwidth) adalah $B = \omega_{cH} - \omega_{cL} = 1130 - 930 = 200\text{rad/s}$.

Faktor kualitas (Q) dari rangkaian adalah $Q = \frac{\omega_r}{B} = \frac{1025}{200} = 5,125$

Dengan menggunakan rumus:

$$B = \frac{2}{R2.C} = \frac{2}{10^5.10^{-7}} = 200\text{rad/s}$$

$$Q = \frac{\frac{1}{C}\sqrt{\frac{R1+R3}{R1.R2.R3}}}{\frac{2}{R2.C}} = \frac{R2}{2}\sqrt{\frac{R1+R3}{R1.R2.R3}} = \frac{10^5}{2}\sqrt{\frac{(20+1).10^3}{(20).(100).(1).10^9}} = \frac{10^5}{2.10^4}\sqrt{\frac{21}{20}} = 5,125$$

Penguatan secara umum:

$$A_{CL} = \frac{Vo}{Vi} = -\frac{1}{\frac{2.R1}{R2} + j\left(-\frac{1}{R2.\omega.C} - \frac{1}{R2.R3.\omega.C} + \omega.C.R1\right)}$$

$$A_{CL} = \frac{Vo}{Vi} = -\frac{1}{\frac{2.20K}{100K} + j\left(-\frac{1}{10^5.\omega.10^{-7}} - \frac{2.10^4}{10^5.10^3.\omega.10^{-7}} + \omega.10^{-7}.2.10^4\right)}$$

$$A_{CL} = \frac{Vo}{Vi} = -\frac{1}{0,4 + j\left(-\frac{100}{\omega} - \frac{2000}{\omega} + \frac{\omega}{500}\right)}$$

Untuk $\omega = 250 rad/s$

$$A_{CL} = \frac{Vo}{Vi} = -\frac{1}{0,4 + j\left(-\frac{100}{\omega} - \frac{2000}{\omega} + \frac{\omega}{500}\right)} = -\frac{1}{0,4 + j\left(-\frac{100}{250} - \frac{2000}{250} + \frac{250}{500}\right)}$$

$$A_{CL} = -\frac{1}{0,4 + j(-0,4 - 8 + 0,5)} = \frac{-1}{0,4 - j7,9}$$

$$|A_{CL}| = \frac{1}{\sqrt{(0,4)^2 + (-7,9)^2}} = \frac{1}{\sqrt{0,16 + 62,41}} = \frac{1}{\sqrt{62,57}} = 0,13$$

$$\theta = \frac{180}{tg^{-1}\left(\frac{-7,9}{0,4}\right)} = \frac{\angle 180°}{\angle -89,3°} = 269,3°$$

Jika $Vi = 100\sin(\omega.t + 60°)mV$ maka $V_0 = 13\sin(\omega.t + 329,3°)mV$

COPY

Untuk $\omega = 500 rad/s$

$$A_{CL} = \frac{Vo}{Vi} = -\frac{1}{0,4 + j\left(-\frac{100}{\omega} - \frac{2000}{\omega} + \frac{\omega}{500}\right)} = -\frac{1}{0,4 + j\left(-\frac{100}{500} - \frac{2000}{500} + \frac{500}{500}\right)}$$

$$A_{CL} = -\frac{1}{0,4 + j(-0,2 - 4 + 1)} = \frac{-1}{0,4 - j3,2}$$

$$|A_{CL}| = \frac{1}{\sqrt{(0,4)^2 + (-3,2)^2}} = \frac{1}{\sqrt{0,16 + 10,24}} = \frac{1}{\sqrt{10,4}} = 0,31$$

$$\theta = \frac{180}{tg^{-1}\left(\frac{-3,2}{0,4}\right)} = \frac{\angle 180°}{\angle -82,9°} = 262,9°$$

Jika $Vi = 100\sin(\omega.t + 60°)mV$ maka $V_0 = 31\sin(\omega.t + 322,9°)mV$

Untuk $\omega = \omega_r$

$$A_{CL} = \frac{Vo}{Vi} = -\frac{1}{0,4 + j\left(-\frac{100}{\omega} - \frac{2000}{\omega} + \frac{\omega}{500}\right)} = -\frac{1}{0,4 + j(0)}$$

$$A_{CL} = -\frac{1}{(0,4)} \text{ atau } |A_{CL}| = \frac{1}{\sqrt{(0,4)^2 + (0)^2}} = \frac{1}{\sqrt{0,14}} = \frac{1}{\sqrt{0,4}} = 4$$

$$\theta = \frac{180}{tg^{-1}\left(\frac{0}{0,4}\right)} = \frac{\angle 180°}{\angle 0°} = 180°$$

Jika $Vi = 100\sin(\omega.t + 60°)mV$ maka $V_0 = 400\sin(\omega.t + 240°)mV$

Untuk $\omega = 1500 rad/s$

$$A_{CL} = \frac{Vo}{Vi} = -\frac{1}{0,4 + j\left(-\frac{100}{\omega} - \frac{2000}{\omega} + \frac{\omega}{500}\right)} = -\frac{1}{0,4 + j\left(-\frac{100}{1500} - \frac{2000}{1500} + \frac{1500}{500}\right)}$$

$$A_{CL} = -\frac{1}{0,4 + j(-0,07 - 1,3 + 3)} = \frac{-1}{0,4 - j1,63}$$

$$|A_{CL}| = \frac{1}{\sqrt{(0,4)^2 + (1,63)^2}} = \frac{1}{\sqrt{0,16 + 2,66}} = \frac{1}{\sqrt{2,82}} = 0,59$$

$$\theta = \frac{180}{tg^{-1}\left(\frac{1,63}{0,4}\right)} = \frac{\angle 180°}{\angle 76,2°} = 103,8°$$

Jika $Vi = 100\sin(\omega.t + 60°)mV$ maka $Vo = 59\sin(\omega.t + 163,8°)mV$

Untuk $\omega = 2000 rad/s$

$$A_{CL} = \frac{Vo}{Vi} = -\frac{1}{0,4 + j\left(-\frac{100}{\omega} - \frac{2000}{\omega} + \frac{\omega}{500}\right)} = -\frac{1}{0,4 + j\left(-\frac{100}{2000} - \frac{2000}{2000} + \frac{2000}{500}\right)}$$

$$A_{CL} = -\frac{1}{0,4 + j(-0,05 - 1 + 4)} = \frac{-1}{0,4 - j2,95}$$

$$|A_{CL}| = \frac{1}{\sqrt{(0,4)^2 + (2,95)^2}} = \frac{1}{\sqrt{0,16 + 8,7}} = \frac{1}{\sqrt{8,86}} = 0,34$$

$$\theta = \frac{180}{tg^{-1}\left(\frac{2,95}{0,4}\right)} = \frac{\angle 180°}{\angle 82,3°} = 97,7°$$

Jika $Vi = 100\sin(\omega t + 60°)mV$ maka $Vo = 34\sin(\omega t + 157,7°)mV$

Contoh 6.16

Hitunglah frekuensi resonansi (ω_r), penguatan pada frekuensi resonansi (*Ar*), frekuensi *cut-off* rendah (ω_{cL}), frekuensi *cut-off* atas (ω_{cH}), lebar bidang frekuensi (B), faktor kualitas (Q) pada Gambar 6.7 apabila nilai C1 = C2 = C = 100 nF, R1 = 10 K, R2 = 200 K, R3 =0,5 K!

Penyelesaian:

Karena C1 = C2 = C maka

$$\omega_r = \frac{1}{C}\sqrt{\frac{R1+R3}{R1.R2.R3}} = \frac{1}{10^{-7}}\sqrt{\frac{(10+0,5).10^3}{(20).(100).(0,5).10^9}} = \frac{1}{10^{-7}}.\frac{1}{10^4}\sqrt{\frac{10,5}{20}} = 1025\text{rad/s}$$

$$A_r = \frac{1}{\left(\frac{R1}{R2}+\frac{R1}{R2}\right)} = \frac{1}{\frac{2.R1}{R2}} = \frac{R2}{2.R1} = \frac{200K}{2.20K} = 10$$

$$\omega_{cL} = \frac{-1+\sqrt{\left(\frac{R1.R3+R1.R2+R2.R3}{R1.R3}\right)}}{R2.C} = \frac{-1+\sqrt{\left(\frac{10.0,5+10.200+200.0,5}{10.0,5}\right)}}{2.10^5.10^{-7}} =$$

$$\omega_{cL} = \frac{-1+\sqrt{\left(\frac{2105}{5}\right)}}{2.10^{-2}} = \frac{-1+\sqrt{421}}{2.10^{-2}} = \frac{-1+20,5}{2.10^{-2}} = 975\text{rad/s}$$

$$\omega_{cH} = \frac{1+\sqrt{\left(\frac{R1.R3+R1.R2+R2.R3}{R1.R3}\right)}}{R2.C} = \frac{1+\sqrt{\left(\frac{10.0{,}5+10.200+200.0{,}5}{10.0{,}5}\right)}}{2.10^{5}.10^{-7}} =$$

$$\omega_{cH} = \frac{1+\sqrt{\left(\frac{2105}{5}\right)}}{2.10^{-2}} = \frac{1+\sqrt{421}}{2.10^{-2}} = \frac{1+20{,}5}{2.10^{-2}} = 1075\text{rad/s}$$

Lebar bidang frekuensi (bandwidth) adalah $B = \omega_{cH} - \omega_{cL} = 1075 - 975 = 100\text{rad/s}$.

Faktor kualitas (Q) dari rangkaian adalah $Q = \frac{\omega_r}{B} = \frac{1025}{100} = 10{,}25$

Langkah-langkah Perancangan BPF

1. Bila yang diketahui **B** dan **Q** maka yang dihitung

   Bila yang diketahui **B** dan maka yang dihitung **Q**

   Bila yang diketahui **Q** dan maka yang dihitung **B**
2. Pilihlah **C1 = C2 = C3 = C**
3. Hitunglah **R2 R2 =**
4. Hitunglah **R1 R1 =**
5. Hitunglah **R3 R3 =**

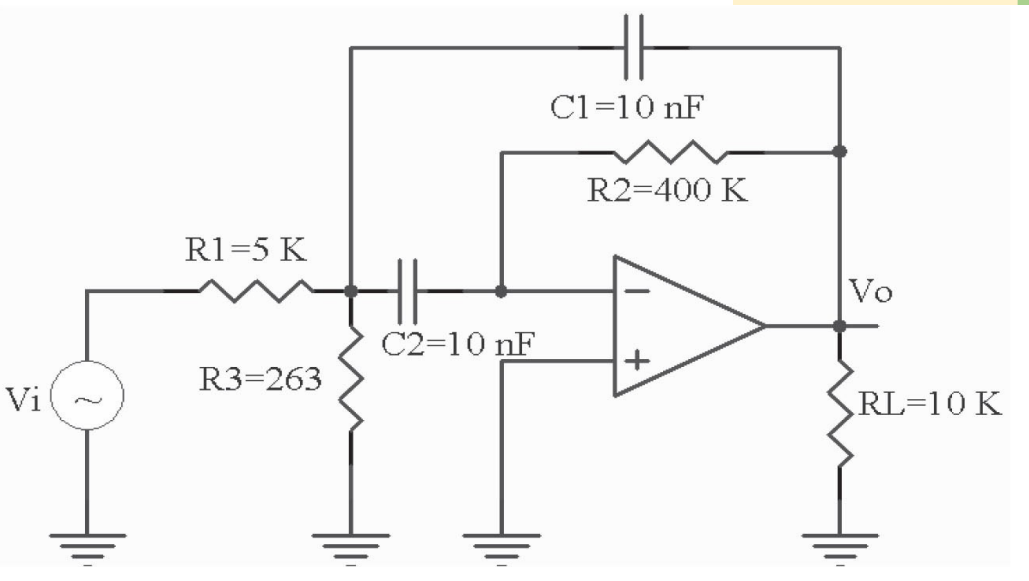
Contoh 6.17

Rancanglah filter BPF dengan data ω_r = 10krad/det, Ar = 40, Q = 20 dan C1 = C2 = C3 = 10 nF.

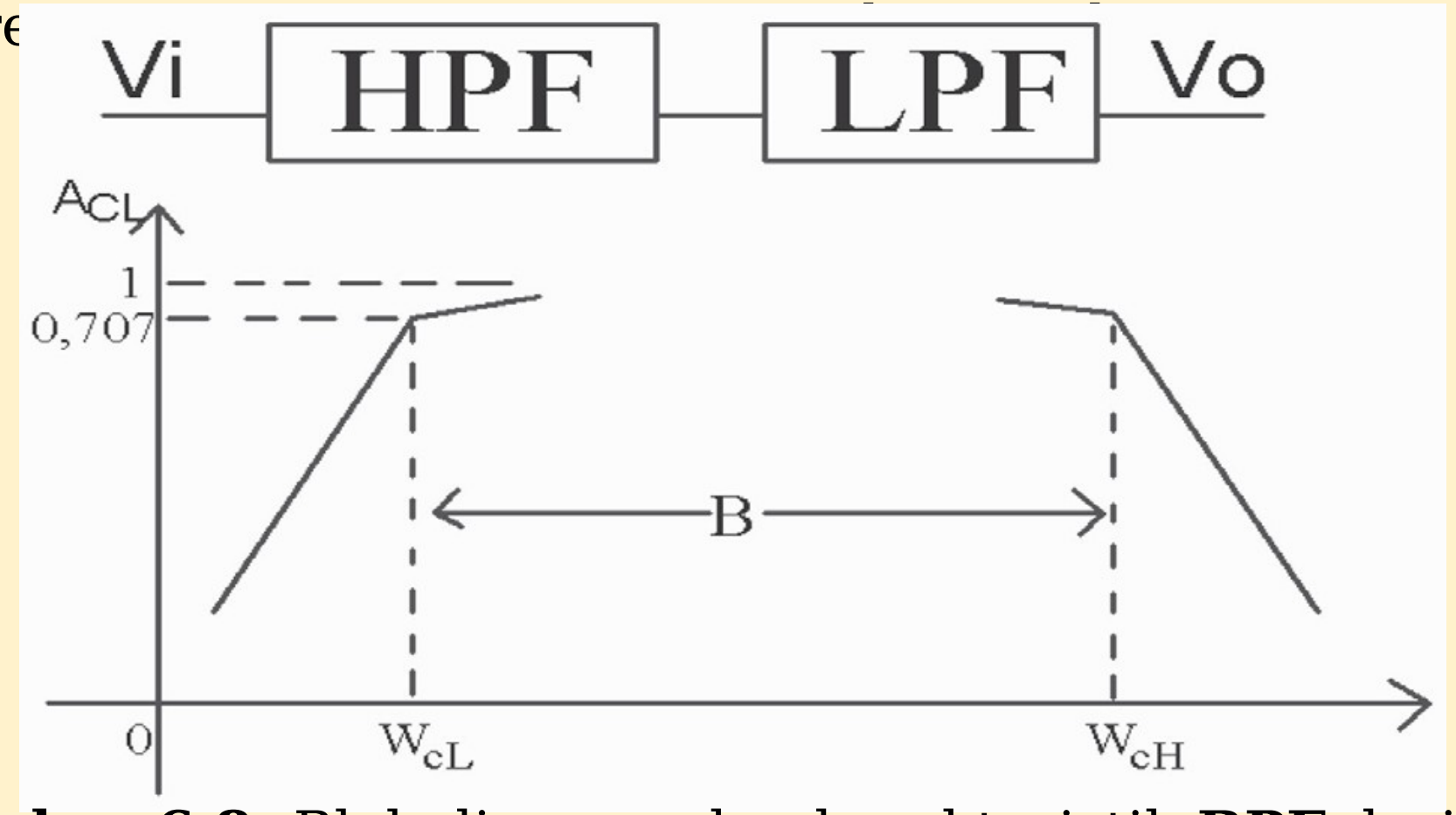
Penyelesaian:

1. Hitung B dengan rumus $Q = \frac{\omega_r}{B}$ ..... $B = \frac{\omega_r}{Q} = \frac{10krad/det}{20} = 500rad/det$
2. Pilih C1 = C2 = C3 = C= 10 nF
3. Hitunglah R2 dari rumus $R2 = \frac{2}{B.C} = \frac{2}{500.10^{-8}} = 400k\Omega$
4. Hitunglah R1 dari rumus $R1 = \frac{R2}{2.Ar} = \frac{400k}{2.40} = 5k\Omega$
5. Hitunglah R3 dari rumus $R3 = \frac{R2}{4.Q^2 - 2.Ar} = \frac{400k}{4.(400) - 2.40} = 263k\Omega$

Rangkaian BPF hasil perencanaannya:



*__BPF__ (***Band Pass Filter***) untuk pita lebar (***wide band***) juga dapat disusun dari gabungan **LPF** dan **HPF** yang mempunyai daerah frekuensi yang lebar sesuai dengan yang diinginkan. Karakteristik dari filter ini dan pere



Gambar 6.8: Blok diagram dan karakteristik **BPF** dari **LPF** dan **HPF**

Contoh 6.18

Rancanglah filter BPF yang disusun dari HPF +40 dB/dec dengan LPF -40 dB/dec dengan data ω_{cL} = 125rad/s dan ω_{cH} = 125krad/det.

Penyelesaian:

ω_{cL} = 125rad/s merupakan ω_c dari HPF +40 dB/dec.

ω_{cH} = 125krad/det merupakan ω_c dari LPF -40 dB/dec.

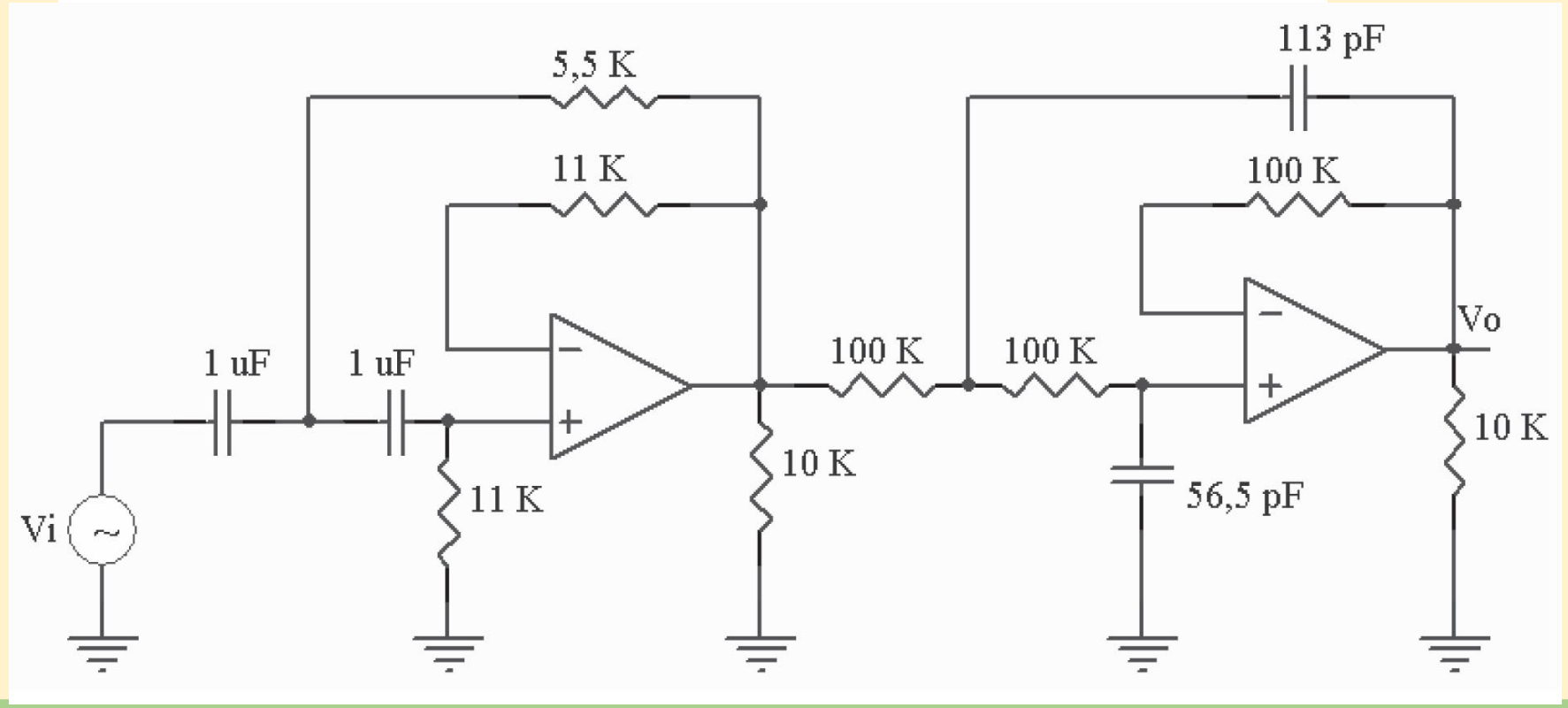
Penyelesaian dari HPF +40 dB/dec:

1. Dipilih frekuensi *cut-off* ω_{cL} = 125rad/s
2. Dipilih C1 = C2 = C = 1 uF
3. Dihitung R1 yaitu $R1 = \frac{1,414}{\omega_c.C} = \frac{1,414}{125.10^{-6}} = 11k\Omega$
4. Pilihlah R2 = 0,5.R1 yaitu R2 = 5,5 K
5. Pilihlah Rf = R1 = 11 K.

COPY

Penyelesaian dari LPF -40 dB/dec:

1. Dipilih frekuensi cut-off ω_{cH} = 125krad/det
2. Pilihlah R1 = R2 = R yaitu antara 100 K
3. Hitunglah C1 dengan rumus $R1 = \frac{0,707}{\omega_c.C} = \frac{0,707}{125.10^3.10^5} = 56,5pF$
4. Pilihlah C2 = 2.C1 yaitu C2 = 2.(56,5) = 113 pF
5. Pilihlah Rf = 2R yaitu Rf = 200 K.



Band Stop Filter
(BSF)

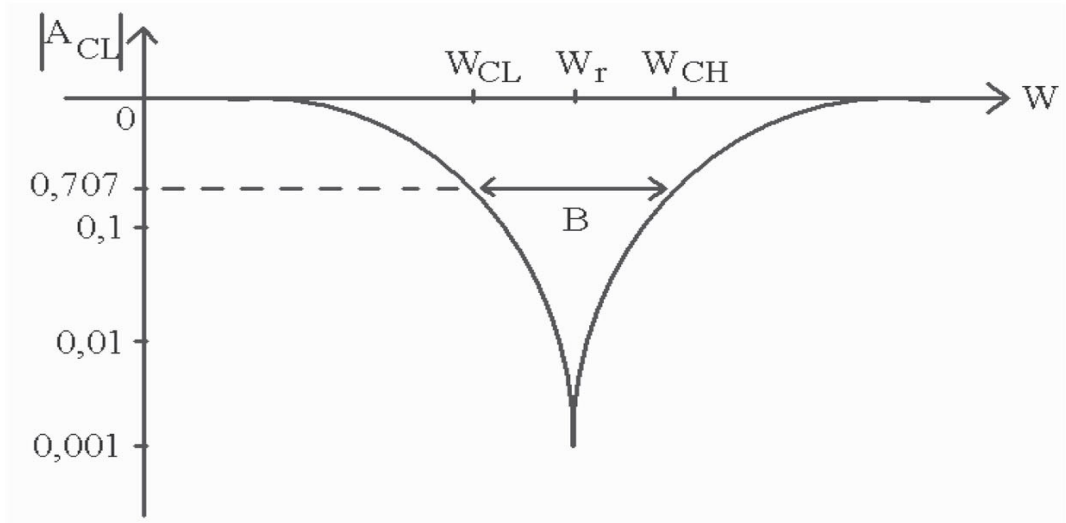
BSF (***Band Stop Filter***) adalah filter kebalikan dari BPF yaitu filter yang membuang (*stop*) sinyal dengan lebar bidang frekuensi (***bandwidth***) tertentu yang dibatasi oleh frekuensi *cut-off* rendah (*low*) () dan frekuensi *cut-off* tinggi (*high*) () dan melewatkan sinyal dengan frekuensi di bawah frekuensi *cut-off* rendah () dan frekuensi di atas frekuensi *cut-off* tinggi ().

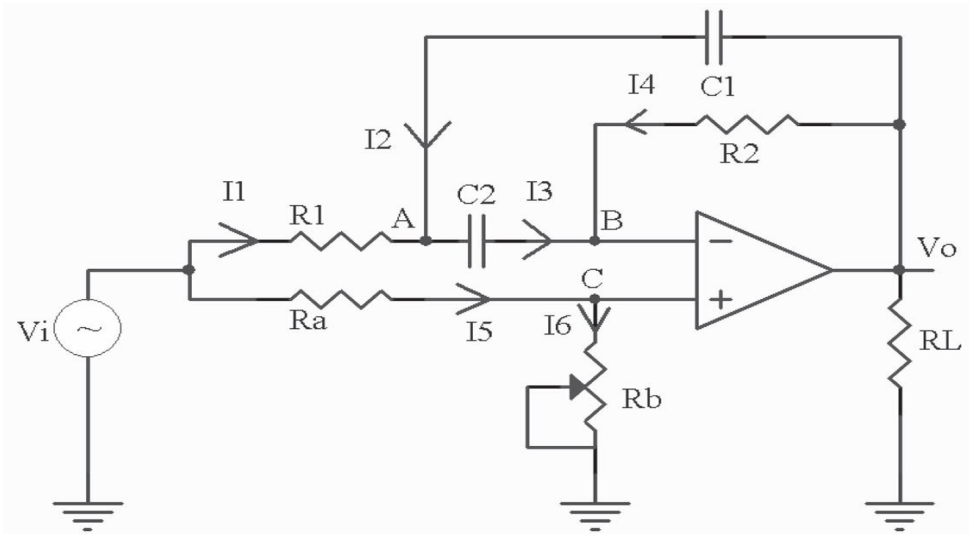
BSF atau ***Notch filter*** digolongkan menjadi filter pita sempit (***narrow band filter***) dan filter pita lebar (***wide band filter***). Filter pita sempit adalah filter yang mempunyai lebar bidang frekuensi (*bandwidth* = B) lebih kecil dari sepersepuluh frekuensi resonansinya (B < 0,1.). Sedangkan filter pita lebar mempunyai lebar bidang frekuensi lebih besar dari sepersepuluh frekuensi resonansinya (B > 0,1.).

Perbandingan frekuensi resonansi dengan lebar bidang frekuensi dinamakan faktor kualitas (Q) atau Q = . Filter pita sempit smmpunyai Q lebih dari 10 dan filter pita lebar mempunyai Q kurang dari 10.

Band Stop Filter (**BSF**) mempunyai respons frekuensi seperti gambar di bawah, di mana terdapat satu penguatan minimum yaitu pada saat frekuensinya mengalami resonansi dinamakan penguatan pada frekuensi resonansi (A_r). Apabila penguatannya naik menjadi atau 0,707 maka ada dua buah frekuensi *cut-off* yaitu frekuensi *cut-off* rendah (*low*) () dan frekuensi *cut-off* tinggi (*high*) (). Selisih dari frekuensi *cut-off* dinamakan B atau
(**B =**).

Tanggapan Frekuensi pada BSF





Gambar 6.9: *Rangkaian **BSF***

Persamaan arus dari rangkaian,

$$I1 = \frac{Vi - VA}{R1}$$

$$I2 = (Vo - VA)\,j\omega.C1$$

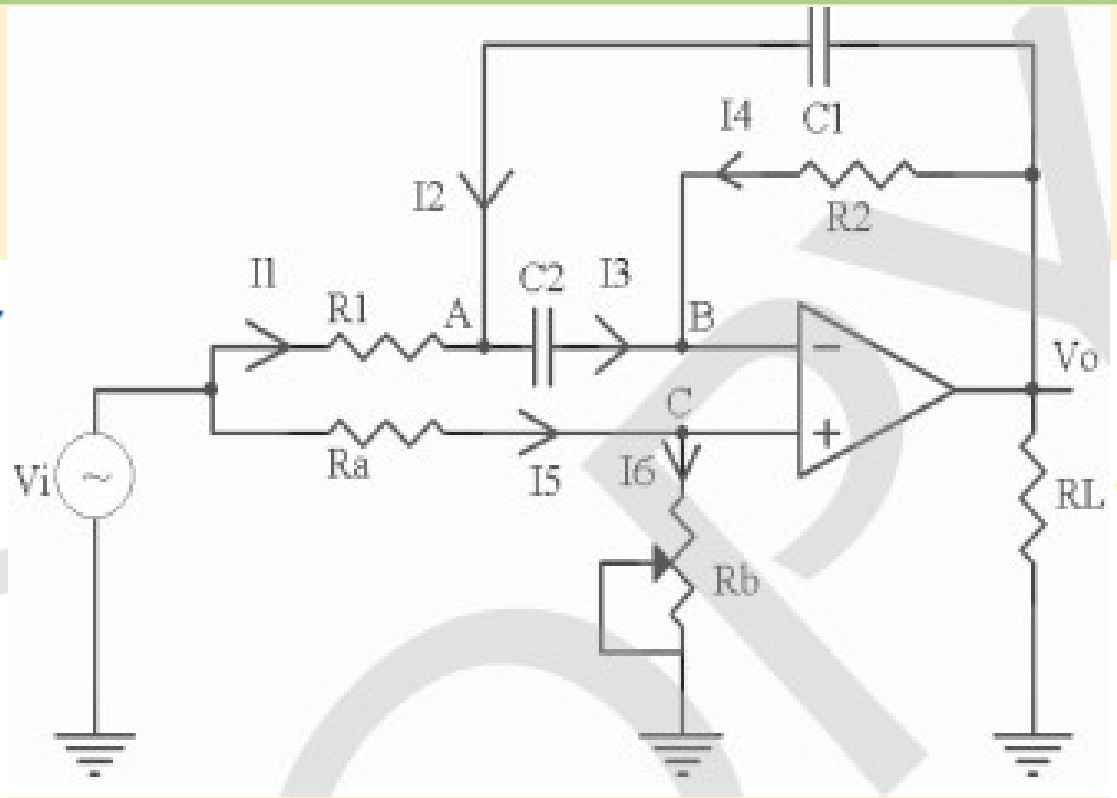
$$I3 = (VA - VB)\,j\omega.C2$$

$$I4 = \frac{Vo - VB}{R2}$$

$$I5 = \frac{Vi - VB}{Ra}$$

$$I6 = \frac{VB}{Rb}$$

$$VB = VC$$



Hukum Kirchoff I pada titik C,

$$I5 = I6$$

$$VB = VC = \frac{Rb}{Ra + Rb}.Vi$$

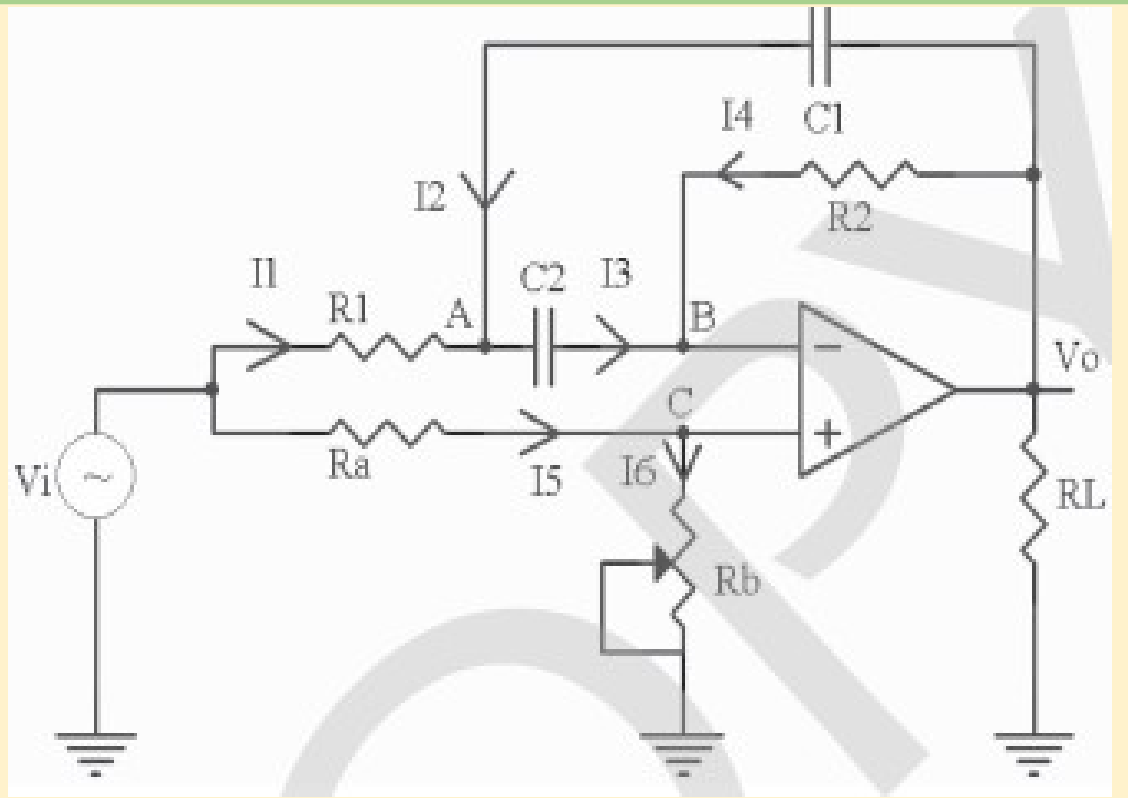
$$\frac{Vi - VB}{Ra} = \frac{VB}{Rb}$$

$$\frac{Vi}{Ra} - \frac{VB}{Ra} = \frac{VB}{Rb}$$

$$\frac{Vi}{Ra} = \frac{VB}{Ra} + \frac{VB}{Rb}$$

$$\frac{Vi}{Ra} = VB\left(\frac{1}{Ra} + \frac{1}{Rb}\right)$$

$$VB\left(\frac{Ra + Rb}{Ra.Rb}\right) = \frac{Vi}{Ra}$$



Hukum Kirchoff I pada titik B,

$$I3 + I4 = 0$$

$$(VA - VB)\,j\omega C2 + \frac{Vo - VB}{R2} = 0$$

$$VA.j\omega.C2 - VB.j\omega.C2 = \frac{-Vo}{R2} + \frac{VB}{R2}$$

$$VA.j\omega.C2 = \frac{-Vo}{R2} + VB\left(\frac{j\omega.C2.R2 + 1}{R2}\right)$$

$$VA = \frac{-Vo}{j\omega.C2.R2} + VB\left(\frac{j\omega.C2.R2 + 1}{j\omega.C2.R2}\right)$$

$$VA = \frac{-Vo}{j\omega.C2.R2} + VB\left(1 + \frac{1}{j\omega.C2.R2}\right)$$

Hukum Kirchoff I pada titik A,

$$I1 + I2 = I3$$

$$\frac{Vi - VA}{R1} + (Vo - VA)\,j\omega.C1 = (VA - VB)\,j\omega.C2$$

$$A_{CL} = \frac{Vo}{V1} = \frac{1 + \frac{Rb}{Ra + Rb}\left(\left(-1 - \frac{2.R1}{R2}\right) + j\left(\frac{1}{\omega.C.R2} - \omega.C.R1\right)\right)}{-\frac{2R1}{R2} - j\left(\frac{1}{j\omega.C.R2} - \omega.C.R1\right)}$$

Frekuensi resonansi apabila bagian imajiner sama dengan nol.

$$\frac{1}{\omega_r.C.R2} - \omega_r.C.R1 = 0$$

$$\frac{1}{\omega_r.C.R2} = \omega_r.C.R1$$

$$\omega_r^2.C^2.R1.R2 = 1$$

$$\omega_r^2 = \frac{1}{C^2.R1.R2}$$

$$\omega_r = \frac{1}{C\sqrt{R1.R2}}$$

A_r = Penguatan pada saat frekuensi sama dengan ω_r

$$A_r = \frac{1+\frac{Rb}{Ra+Rb}\left(\left(-1-\frac{2.R1}{R2}\right)\right)}{-\frac{2R1}{R2}} \text{ atau } A_r = \frac{1+\frac{Rb}{Ra+Rb}\left(\left(\frac{-R2-2.R1}{R2}\right)\right)}{-\frac{2R1}{R2}}$$

$$A_r = \frac{-R2}{2.R1}+\frac{Rb}{Ra+Rb}\left(\frac{R2+2.R1}{2.R1}\right)$$

Apabila penguatannya $|A_{CL}|$ turun menjadi 0,707 atau $\frac{1}{\sqrt{2}}$ maka ada dua buah frekuensi yaitu frekuensi *cut-off* bawah (ω_{cL}) dan frekuensi *cut-off* atas (ω_{cH}).

Lebar bidang frekuensi (*bandwidth*) adalah $B = \frac{2}{R2.C}$

Contoh 6.19

Hitunglah frekuensi resonansi (ω_r), lebar bidang frekuensi (B), faktor kualitas (Q) pada Gambar 6.9 apabila nilai C1 = C2 = C = 100 nF, R1 = 20 K, R2 = 100 K, R3 = 1 K!

Penyelesaian:

Karena C1 = C2 = C maka

$$\omega_r = \frac{1}{C\sqrt{R1.R2}} = \frac{1}{10^{-7}\sqrt{10^4.10^5}} = \frac{1}{10^{-7}}.\frac{1}{10^4}(0,22) = 220\text{rad/s}$$

$$B = \frac{2}{R2.C} = \frac{1}{10^5.10^{-7}} = 200\text{rad/s}$$

$$Q = \frac{\omega_r}{B} = \frac{220}{200} = 1,1$$

Contoh 6.20

Hitunglah frekuensi resonansi (ω_r), lebar bidang frekuensi (B), faktor kualitas (Q) pada Gambar 6.9 apabila nilai C1 = C2 = C = 10 nF, R1 = 1 K, R2 = 400 K, R3 = 1 K.

Penyelesaian:

Karena C1 = C2 = C maka

$$\omega_r = \frac{1}{C\sqrt{R1.R2}} = \frac{1}{10^{-8}\sqrt{10^3.4.10^5}} = \frac{1}{10^{-8}}.\frac{1}{2.10^4}(0,22) = 5000\text{rad/s}$$

$$B = \frac{2}{R2.C} = \frac{1}{4.10^5.10^{-8}} = 500\text{rad/s}$$

$$Q = \frac{\omega_r}{B} = \frac{5000}{500} = 10$$

Langkah-langkah Perancangan BSF

1. Bila yang diketahui **B** dan **Q** maka yang dihitung

   Bila yang diketahui **B** dan maka yang dihitung **Q**

   Bila yang diketahui **Q** dan maka yang dihitung **B**
2. Pilihlah **C1 = C2 = C**
3. Hitunglah **R2 R2 =**
4. Hitunglah **R1 R1 =**
5. Pilih **Ra = 1 KΩ**
6. Hitunglah **Rb Rb = .Ra**

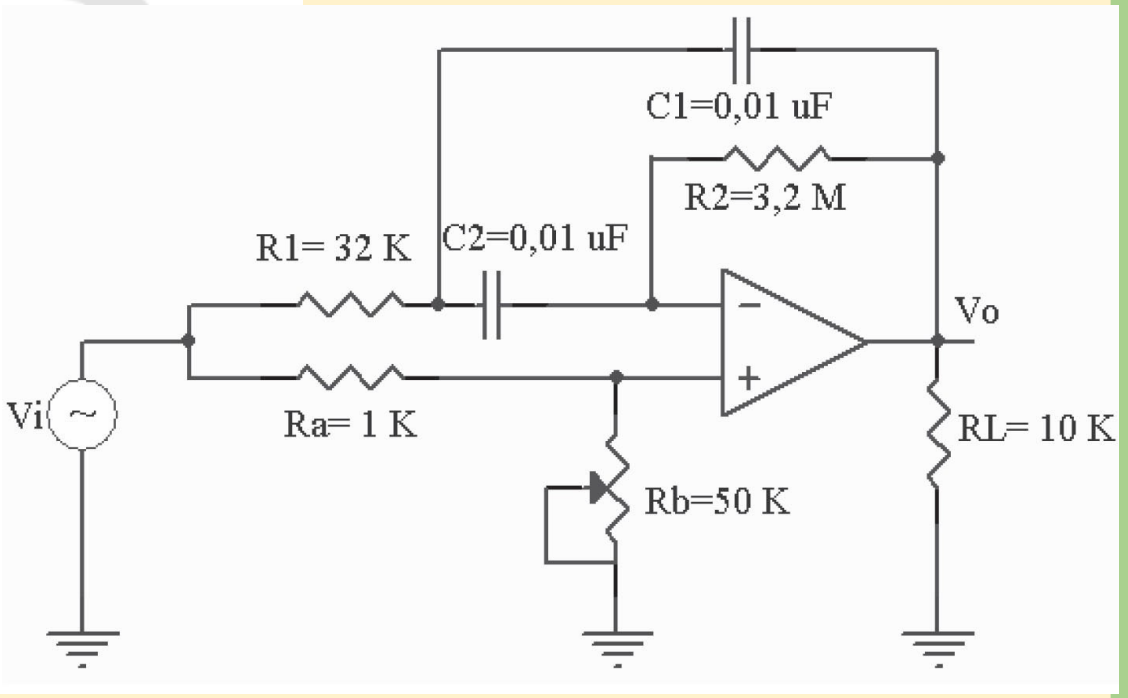
Contoh 6.21

Rancanglah BSF dengan dan Q = 5. Pilihlah C1 = C2 = C = 0,01 uF.

Penyelesaian: $\omega_r = 2.\pi.fr = 2.(3,14).50 = 314$rad/det

Tahap perencanaannya:

1. Rumus $Q = \frac{\omega_r}{B}$.....*maka*.....$B = \frac{\omega_r}{Q} = \frac{314}{5} = 63$rat/det
2. Pilih C1 = C2 = C = 0,01 uF
3. Hitung R2 yaitu $R2 = \frac{2}{B.C} = \frac{2}{63.(10^{-6})} = 3,2M\Omega$
4. Hitung R1 yaitu $R2 = \frac{R2}{4.Q^2} = \frac{3,2M\Omega}{4.(25)} = 32k\Omega$
5. Pilih Ra = 1 K
6. Hitunglah Rb yaitu $Rb = 2.Q^2.Ra = 2.(25).1 = 50K\Omega$.



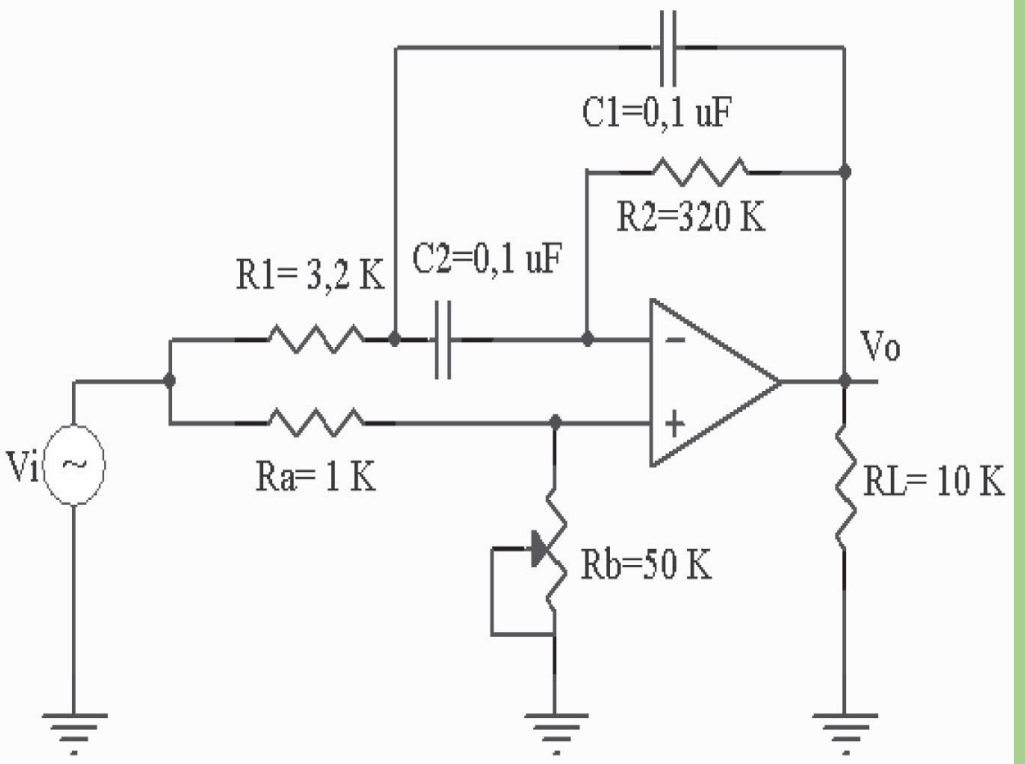
Contoh 6.22

Rancanglah BSF dengan dan Q = 10. Pilihlah C1 = C2 = C = 0,1 uF.

Penyelesaian: $\omega_r = 2.\pi.fr = 2.(3,14).100 = 628$rad/det

Tahap perencanaannya:

1. Rumus $Q = \frac{\omega_r}{B}$.....*maka*.....$B = \frac{\omega_r}{Q} = \frac{628}{10} = 63$rad/de
2. Pilih C1 = C2 = C = 0,1 uF
3. Hitung R2 yaitu $R2 = \frac{2}{B.C} = \frac{2}{63.(10^{-7})} = 320K\Omega$
4. Hitung R1 yaitu $R2 = \frac{R2}{4.Q^2} = \frac{320K\Omega}{4.(25)} = 3,2k\Omega$
5. Pilih Ra = 1 K
6. Hitunglah Rb yaitu $Rb = 2.Q^2.Ra = 2.(25).1 = 50K\Omega$.



https://www.its.ac.id/telektro/id/beranda/